# Incendios estructurales

**Objetivos específicos**

- **Identificar las fases de un incendio.**
- **Seleccionar la forma de extinción adecuada de un incendio en base a la teoría del tetraedro del fuego.**

Los incendios son una de las emergencias más frecuentes a las que concurre Bomberos. El fuego suele generar pérdidas materiales millonarias y dejar sin hogar o fuente laboral a miles de personas, pero sin duda lo más lamentable es que los incendios causan daños a la salud y frecuentemente cobran vidas.

Los incendios en estructuras presentan un desarrollo tipo que debe ser conocido por el Bombero para aplicar procedimientos de control seguros, eficaces y eficientes. En un incendio estructural ocurren una serie de fenómenos termodinámicos que dependerán de distintos factores, como, por ejemplo, la ventilación.



## Fases de los incendios estructurales con disposición de aire

En un lugar con disposición de aire un incendio presenta las siguientes fases:

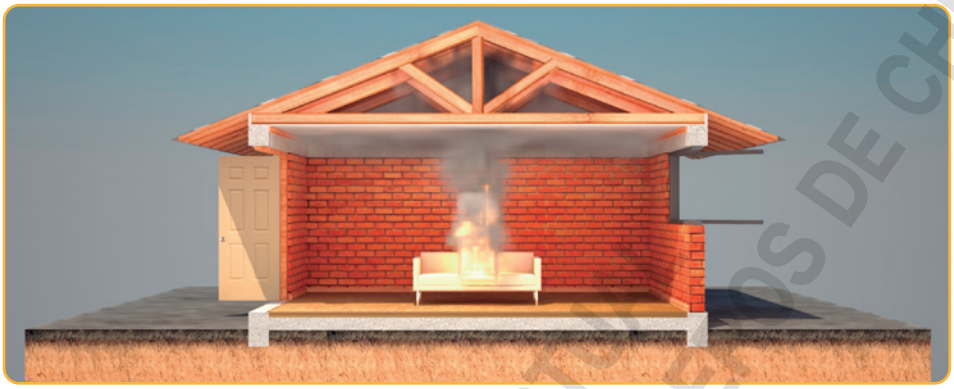
- Fase inicial o de encendido.
- Fase de incremento.
- Fase de libre combustión.
- Fase de decaimiento.

### • Fase inicial o de encendido

Se produce cuando uno o más combustibles toman contacto con una fuente de energía calórica lo suficientemente potente como para iniciar la reacción química conocida como *combustión*. Esta fase se caracteriza por la aparición de llamas, por temperaturas inferiores a los 300 °C, por la generación de humo debido a una combustión incompleta y por presentar generalmente una magnitud pequeña. La fase inicial finaliza cuando el

NIVEL INICIAL VIRTUAL
ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS DE CHILE

combustible no requiere de la fuente de energía inicial para continuar la combustión (reacción en cadena).



Fase inicial o de encendido.

- **Fase de incremento**

Se inicia cuando finaliza la fase inicial y comienza el proceso de combustión. En esta fase los productos de la combustión (humos y gases) ascienden por convección hasta la parte más alta de la estructura hasta encontrar un tope, que puede ser el cielo falso de una casa o el techo. Luego los humos y gases se desplazan horizontalmente y finalmente de forma vertical descendente, creando lo que se conoce como *capa térmica*. La capa térmica, que presenta diferentes temperaturas según la distancia que tomen el humo y los gases respecto al punto focal (fuego), irradia calor a los materiales al interior del lugar, haciendo que empiecen a pirolizar. La temperatura aumenta rápidamente entre los 300 °C y los 700 °C en las partes altas. Esta etapa termina cuando la capa térmica calienta todos los materiales del lugar hasta encenderlos casi simultáneamente, generando una combustión súbita generalizada.

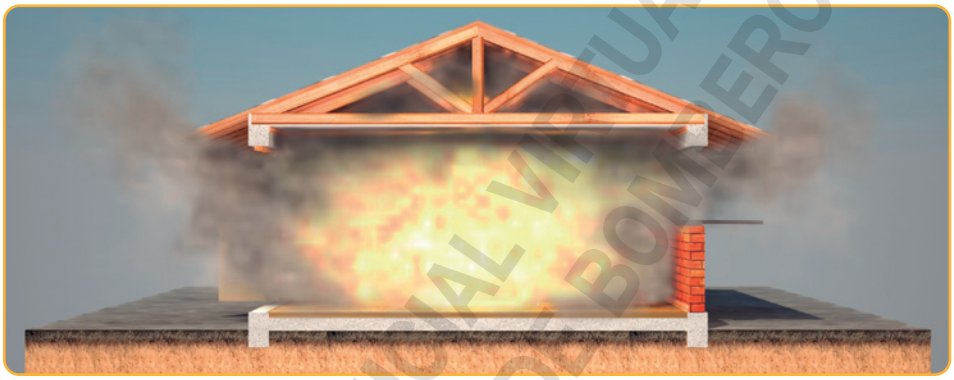
Fase de incremento.



ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS DE CHILE
NIVEL INICIAL VIRTUAL

- **Fase de libre combustión**

Se inicia generalmente con la **combustión súbita generalizada** o ***flashover***. En esta fase se alcanzan temperaturas superiores a los 800 °C, y hay presencia de llamas y de productos de la combustión, siendo la propagación principalmente por radiación. La cantidad de energía generada sigue siendo mayor que la disipada, traspasándose gran parte de este diferencial a la estructura de la edificación, que empieza a debilitarse con posibles colapsos. Dependiendo de la literatura de referencia, el *flashover* puede reproducirse a nivel de laboratorio desde los 483 °C.



Fase de libre combustión.

- **Fase de decaimiento**

En esta fase el combustible susceptible de arder comienza a agotarse, por lo que disminuye la intensidad de la combustión. En esta etapa aún se genera una combustión incompleta y se mantienen los agentes tóxicos e irritantes, extinguiéndose finalmente el fuego.

Fase de decaimiento.



ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS DE CHILE
NIVEL INICIAL VIRTUAL

# Fases de los incendios estructurales en lugares cerrados

En lugares cerrados (pero no herméticos) los incendios estructurales presentan un desarrollo muy similar al de un lugar abierto. La fase de ignición e incremento se desarrollan normalmente en los primeros minutos, pero al estar cerradas puertas y ventanas, el comburente (oxígeno) disminuye y la capa térmica (humo y gases calientes) comienza a ocupar toda la superficie del inmueble. Esto hace que las llamas se apaguen y prevalezcan las brasas o rescoldo, dando inicio a la **fase latente**.

Así, las fases de un incendio con poca disponibilidad de aire son las siguientes:

- Fase inicial o de encendido.
- Fase de incremento.
- Fase latente.
- Fase de libre combustión.
- Fase de decaimiento.

- **Fase latente**

En esta fase la estructura se encuentra llena de humo. Debido a las altas temperaturas, que pueden alcanzar fácilmente los 700 °C, se libera una gran cantidad de gases de pirólisis, pero la falta de comburente (oxígeno) hace que no se produzca una mezcla combustible homogénea, con lo cual se genera una combustión incandescente.

Fase latente.

ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS DE CHILE NIVEL INICIAL VIRTUAL

La fase latente puede durar horas, y se detecta mediante signos y señales observables. Por ejemplo, humo de color gris amarillento, emisión de bocanadas de humo (debido a una presión mayor al interior de la estructura), sonidos crepitantes (por la pirólisis de la madera, principalmente) y altas temperaturas claramente perceptibles en paredes, puertas y ventanas. Si en esa condición entra aire fresco en forma accidental (por ejemplo, por la rotura de un acceso o por la abertura de una puerta o ventana), la mezcla del calor, el combustible, el comburente y la alta presión en el interior producirá una **explosión por flujo reverso** o ***backdraft***; es decir, los gases serán expulsados a gran presión por la abertura generada y frecuentemente irán acompañados de un flamazo. Luego del *backdraft* la fase puede derivar en una libre combustión o decaimiento.

Explosión por flujo reverso o *backdraft*.

## Fenómenos termodinámicos

Los fenómenos termodinámicos (como el ***flashover*** y el ***backdraft***) presentan un riesgo para el Bombero que interviene en una emergencia estructural. Por lo mismo, es de suma importancia que todos los miembros del equipo conozcan las características básicas de estos.



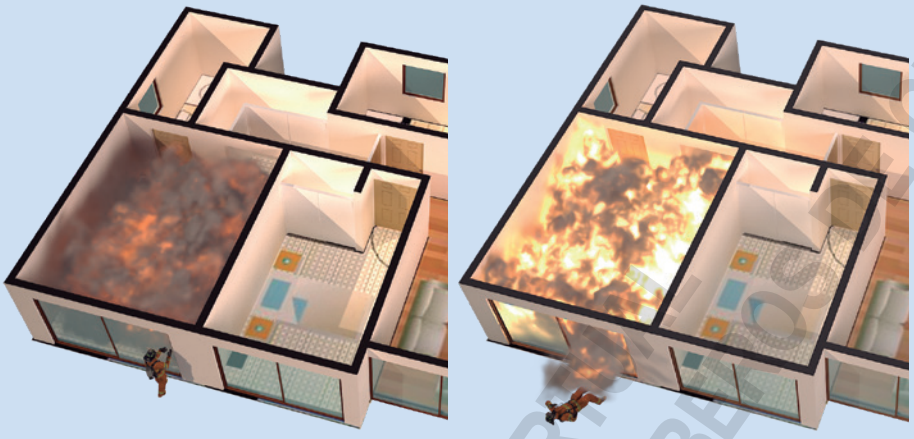
ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS DE CHILE
NIVEL INICIAL VIRTUAL

## FLASHOVER

| Contexto | Señales visibles | Ventilación del espacio | Agente inductor | Fuente de calor |
|---|---|---|---|---|
| Se produce cuando la capa térmica, compuesta por gases calientes y partículas de la combustión sin quemar o parcialmente quemadas, hace que los combustibles sólidos alcancen su temperatura de ignición casi simultáneamente, generándose una combustión súbita generalizada. Esta **da inicio a la fase de libre combustión**. | • Desplazamiento vertical y descendente de la capa de gases.<br>• Ignición de la capa de gases (o *rollover*), que se manifiesta como lenguas de fuego sobre la superficie del techo.<br>• Pirólisis y gasificación de los objetos en la habitación. | Espacio abierto o semicerrado. | Temperatura. | Llamas. |

ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS DE CHILE NIVEL INICIAL VIRTUAL

**BACKDRAFT**



| Contexto | Señales visibles | Ventilación del espacio | Agente inductor | Fuente de calor |
|---|---|---|---|---|
| Se produce **cuando entra aire fresco en un incendio en fase latente** dentro de un espacio cerrado –pero no hermético– donde se ha consumido gran parte del oxígeno. El aire, al entrar, aporta el comburente necesario para que se produzca una explosión por flujo reverso. | • Emisión de bocanadas de humo de color gris amarillento (por las rendijas de puertas o ventanas, por ejemplo).<br>• Sonidos crepitantes.<br>• Altas temperaturas en paredes, puertas y ventanas. | Espacio cerrado, pero no hermético. | Ventilación y presión. | Brasas. |



## Productos de la combustión

En los incendios estructurales la combustión que se genera es incompleta y libera diferentes productos al ambiente. Se debe tener en cuenta que mientras más químicamente complejo sea el combustible que se quema, más tóxico e inflamable puede llegar a ser. Por ejemplo, los humos, gases y vapores producidos por la combustión incompleta de la madera no

ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS DE CHILE
NIVEL INICIAL VIRTUAL

son iguales a los de la combustión de polímeros plásticos; si bien los dos generan humos, gases y vapores, un material es más tóxico e inflamable que el otro. Así, los productos generados a consecuencia de la combustión incompleta dependerán del tipo de combustible, de la cantidad de comburente y del calor existente en la reacción.

En un incendio podremos encontrar tres (3) principales productos de la combustión: humo, vapores y gases.

- **Humo**

Está compuesto por partículas sólidas en suspensión sin quemar o parcialmente quemadas. Estas partículas pueden alcanzar su temperatura de ignición ante la cantidad adecuada de comburente, liberando una cantidad muy alta de energía.

El humo se compone de partículas sólidas en suspensión sin quemar o parcialmente quemadas.

El humo puede estar compuesto por partículas tóxicas que, al ser inhaladas por el Bombero, podrían causarle enfermedades a largo plazo o incluso intoxicarlo de manera inmediata. De ahí la importancia de la protección respiratoria.

- **Vapores**

El vapor está conformado por pequeñas gotas de líquido que también se pueden encontrar en el humo. Este particulado posee la característica dominante de ser tóxico, produciendo problemas de salud agudos, semiagudos o crónicos si es inhalado o absorbido por las mucosas o la piel. Los vapores pueden contener compuestos carcinógenos derivados del petróleo, como el xileno, el tolueno y el benceno.

Vaporización de agua en vegetación.



ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS DE CHILE
NIVEL INICIAL VIRTUAL

- **Gases**

El humo puede contener una variada gama de gases; ello dependerá del material que se quema, del calor y del comburente disponible. Este principio aplica a todos los procesos de oxidación rápida donde se evidencie la presencia de humo, incluyendo los que aparentemente no lo generan y los que no lo producen. Estos gases son usualmente tóxicos. Entre los más frecuentes se encuentran los siguientes:

- Monóxido de carbono (CO).
- Cloruro de hidrógeno (HCl).
- Cianuro de hidrógeno (HCN).
- Dióxido de nitrógeno ($NO_2$).
- Dióxido de carbono ($CO_2$).

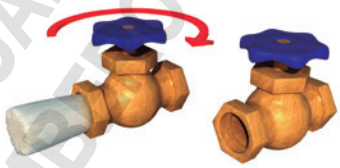
Los motores a gasolina emiten diversos gases contaminantes por el tubo de escape.

## Extinción de incendios

La extinción de incendios consiste en identificar y eliminar uno o más componentes del tetraedro del fuego mediante la aplicación de procedimientos y agentes extintores. Si bien el agente extintor más usado por Bomberos es el agua, es importante entender cada uno de los componentes del tetraedro y la forma particular de extinción asociada a cada uno de estos.



ACADEMIA VIRTUAL
BOMBEROS DE CHILE

| Componente | Forma de extinción | Definición | Ejemplo |
|---|---|---|---|
| **Calor** | **Enfriamiento** | Aplicación de agua, la cual absorbe calor para evaporarse. | |
| **Combustible** | **Segregación** | Retirar o cortar el paso de combustible antes de la combustión o durante la misma. También se puede dejar arder el combustible hasta que se agote. |  |
| **Comburente** | **Sofocación o dilución** | Bajar la concentración del comburente en el lugar de la combustión mediante la aplicación de un gas más denso que el aire o generando vapor de agua. | |
| **Reacción en cadena** | **Inhibición** | Detener la reacción o quitar la energía para que no continúe por el material mediante la aplicación de inhibidores como el polvo químico seco. | |

NIVEL INICIAL VIRTUAL
ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS DE CHILE

## Clasificación de los incendios estructurales

Un incendio estructural es la afectación total o parcial de una estructura por parte de un fuego fuera de control (entendiéndose *estructura* como una casa, un edificio, una fábrica, una bodega, un centro comercial, etc.).

Existen varias formas de clasificar los incendios estructurales. Lo importante al clasificar un incendio es transmitir información importante y necesaria;

esto permitirá al CI/OBAC analizar técnicamente el incendio e inferir su potencial de arder y su peligro de propagación.

Para clasificar un incendio se considera el tipo de ocupación, el material de la estructura y las características del lugar.

## Tipo de ocupación

Se refiere al uso que se le da a la estructura. Por ejemplo:

- Casa.
- Local comercial.
- Edificio residencial (detallar cantidad de pisos y especificar piso afectado).
- Recinto educacional (colegio, liceo, jardín infantil, etc.).
- Hospital o centro médico.
- Fábrica.
- Bodega.
- Laboratorio.
- Ferretería.

Este tipo de clasificación permite considerar varios aspectos a la hora de analizar la situación y la necesidad de recursos. Por ejemplo, no es lo mismo que se queme una casa particular de un piso a que se queme una ferretería de un piso o a que se queme un hospital; se deben tener en cuenta las diferencias en cuanto a las formas de evacuación, a la presencia de materiales peligrosos o a la presencia de personas en situación de discapacidad. También se debe considerar que al llegar a recintos de afluencia masiva se puede generar pánico en situaciones que no necesariamente suponen riesgo para las personas.

Un detalle importante es la **cantidad de pisos**, especialmente considerando la necesidad de material mayor especializado. Será más fácil acceder a un edificio de varios pisos si se cuenta con material como escalas mecánicas y se manejan técnicas de extinción de incendios en edificios de altura. Por otro lado, las casas de dos (2) o tres (3) pisos tendrán una probabilidad mayor de afectar una estructura más grande y con más material combustible. Factores como estos permiten calcular la necesidad de recursos o de personal.

## Material de construcción de la estructura

Conocer el material de la estructura permite evaluar la forma de propagación y el avance del incendio. Para ello también se tendrán que considerar las condiciones del lugar y las condiciones climáticas, como el viento.



ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS DE CHILE
NIVEL INICIAL VIRTUAL

El material de construcción se puede clasificar como sólido, ligero o mixto:

- **Material sólido (resistente al fuego):** ladrillo, bloques, concreto, piedra, hormigón, etc.
- **Material ligero (resistente al fuego):** madera, aglomerado, volcanita[1], *hardboard*[2], etc.
- **Mixto:** combinación de materiales sólidos o ligeros en una misma estructura de forma unificada.

## Grado de avance

La afectación o grado de avance de una casa habitación puede clasificarse como compartimental o multicompartimental:

- **Compartimental:** el fuego solo afecta un solo compartimento de la estructura.
- **Multicompartimental:** el fuego afecta más de un compartimento de la estructura.

Esta clasificación se ha hecho parte del lenguaje de Bomberos de Chile, pero no responde a normas de clasificación conocidas o a normas arquitectónicas. Su utilidad es aplicable al describir el grado de avance del incendio; si se habla de un fuego compartimental, se entenderá que este se encuentra circunscrito en una sola habitación de la casa. Si se habla de un fuego multicompartimental, se entenderá que el fuego ha sobrepasado el nivel de propagación compartimental y que avanza al resto de la casa habitación. Este análisis debe considerar, además, la fase del incendio que se está desarrollando al momento de la evaluación del CI/OBAC.

Sea cual sea la tipificación del lugar, esta debe ser aplicable a la realidad jurisdiccional de cada Cuerpo de Bomberos. La clasificación del lugar debe ser en función de la realidad territorial y de la realidad constructiva que se le asocia; esto permitirá una mejor optimización de recursos y un mejor análisis de la emergencia, lo cual a su vez contribuye a la seguridad de la vida de todos los que interactúan dentro de la escena.

ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS DE CHILE
VERSIÓN INICIAL VIRTUAL

1 Plancha hecha de yeso y cartón.
2 Cholguán.

# Resumen de la lección 2

La **lección 2**, **Incendios estructurales**, ha tenido como finalidad que el Bombero identifique las fases de un incendio y la forma de extinción adecuada en base a la teoría del tetraedro del fuego.

Las **fases de un incendio estructural en un lugar abierto o con disposición de aire** son las siguientes:

**1. Fase inicial o de encendido**

El combustible toma contacto con la fuente de calor y se produce una combustión. Finaliza cuando el combustible genera su propia reacción en cadena.

**2. Fase de incremento**

Inicia cuando la combustión es sostenida. Se genera una capa de gases calientes que hace que los materiales al interior del lugar comiencen a pirolizar. Termina cuando se genera la combustión súbita generalizada o *flashover*.

**3. Fase de libre combustión**

Inicia con la combustión súbita generalizada y termina cuando el combustible comienza a agotarse.

**4. Fase de decaimiento**

Inicia cuando el combustible comienza a agotarse, manteniéndose aún una combustión incompleta en la que se mantienen agentes tóxicos e irritantes.

Respecto a las **fases de un incendio estructural en un lugar cerrado**, estas son similares a las de un incendio en un lugar abierto. La diferencia es que, tras la fase de incremento, antes de darse la combustión súbita generalizada, se da una combustión incandescente, en la que prevalecen las brasas o rescoldo y que puede durar horas. Esta etapa, llamada **fase latente**, se puede identificar por un humo de color gris amarillento, por la emisión de bocanadas de humo, por sonidos crepitantes y por altas temperaturas claramente perceptibles en paredes, puertas y



ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS DE CHILE

ventanas. Si entra aire fresco accidentalmente se producirá una **explosión por flujo reverso** o ***backdraft***, que suele manifestarse como un flamazo. Luego de esto la fase puede derivar en una libre combustión o decaimiento.

**Fase latente**

**Explosión por flujo reverso o *backdraft***

La **extinción de incendios** consiste en identificar y eliminar uno o más componentes del tetraedro del fuego:

| Componente | Calor | Combustible | Comburente | Reacción en cadena |
|---|---|---|---|---|
| **Forma de extinción** | **Enfriar** con agua. | **Segregar** cortando el paso del combustible o dejándolo arder, si es seguro. | **Sofocar** o diluir aplicando un gas más denso que el aire o con vapor de agua. | **Inhibir** deteniendo la reacción en cadena. |
| **Ejemplo** | | | | |

**Los incendios estructurales se clasifican** según su **tipo de ocupación** (casa, edificio, hospital, etc.), según el **material de la estructura** (sólido, ligero o mixto) y según el **grado de avance**. Además, una casa habitación puede clasificarse como compartimental (de un solo compartimento) o multicompartimental (de más de un compartimento). También se puede hablar de fuego compartimental (que afecta un solo compartimento) o multicompartimental (que afecta más de un compartimento).

NIVEL INICIAL VIRTUAL
ACADEMIA NACIONAL DE BOMBEROS DE CHILE